

## Sterowanie procesami – projekt I, zadanie 39

Proces dynamiczny opisany jest transmitancją ciągłą (stałe czasowe w sekundach)

$$G(s) = \frac{(s+2)(s+9)}{(s+10)(s+11)(s+12)}$$

1. Wyznaczyć dwie wersje modeli ciągłych w przestrzeni stanu. Zamieścić rysunki reprezentacji graficznych modeli.
2. Porównać odpowiedź skokową (sygnał wyjściowy) transmitancji i obu modeli w przestrzeni stanu przy zmianie sygnału wejściowego z 0 na 1 w chwili 1 s. Symulacje przeprowadzić w **dwóch** przypadkach: przy zerowych i niezerowych warunkach początkowych modeli w przestrzeni stanu.

**Dalsze badania przeprowadzić dla pierwszej wersji ciągłego modelu w przestrzeni stanu.**

3. Rozważamy regulator ze sprzężeniem od stanu ( $u(t) = -Kx(t)$ ) o potrójnym biegunie układu zamkniętego  $s_b$ . Wyznaczyć **symbolicznie** zależność elementów wektora  $K$  od wartości  $s_b$  (podać wzory). Dla **trzech** przykładowych wartości bieguna sprawdzić **numerycznie** otrzymane wyniki (funkcja acker).
4. Przeprowadzić symulację obiektu z regulatorem ze sprzężeniem od stanu. Zamieścić rysunek symulowanego systemu (obiekt i regulator). Przyjąć warunek początkowy obiektu  $x(0) = [3 \ 2 \ -3]^T$  i warunek końcowy  $x(t_{\text{konc}}) = [0 \ 0 \ 0]^T$ , wartość  $t_{\text{konc}}$  dobrać w taki sposób, aby udało się osiągnąć żądany warunek końcowy w akceptowalnym czasie. Jakość regulacji ocenić na podstawie szybkości zbieżności zmiennych stanu (do 0) oraz wartości i szybkości zmian sygnału sterującego. Zamieścić przebiegi zmiennych stanu i sterowania dla **trzech** przykładowych wartości potrójnego bieguna  $s_b$  układu zamkniętego („wolnego”, „średniego” i „szybkiego”). We wszystkich przypadkach czas symulacji ( $t_{\text{konc}}$ ) musi być taki sam. Wybrać jeden regulator, zapewniający kompromis między szybkością regulacji a jakością (tzn. wartością i szybkością zmian) sygnału sterującego. Dalsze symulacje prowadzić dla wybranego regulatora.
5. Wyprowadzić równania obserwatora pełnego rzędu o potrójnym biegunie  $s_o$ . Zamieścić rysunek szczegółowej struktury obserwatora.
6. Przetestować działanie obserwatora przy regulatorze korzystającym z **mierzonego stanu**. Zamieścić rysunek symulowanego systemu (obiekt, regulator i obserwator). Zbadać wpływ potrójnego bieguna obserwatora  $s_o$  na jego działanie. Zamieścić przebiegi rzeczywistych i estymowanych zmiennych stanu oraz sterowania dla **trzech** przykładowych wartości bieguna  $s_o$  („wolnego”, „średniego” i „szybkiego”). Do symulacji przyjąć zerowy warunek początkowy obserwatora oraz niezerowy warunek początkowy obiektu (jak w pkt. 4).
7. Przetestować działanie regulatora gdy **brak jest pomiaru zmiennych stanu** (w regulatorze wykorzystuje się stan obserwowany). Zamieścić rysunek symulowanego systemu (obiekt, regulator i obserwator). Zamieścić przebiegi zmiennych stanu i sygnału sterującego dla regulatora wybranego w pkt. 6. i **dwóch** obserwatorów („wolnego” i „szybkiego”).

**Zadanie dodatkowe (punktowane dodatkowo w skali 0-5 pkt.)**

Zaprojektować regulator ze sprzężeniem od stanu i całkowaniem. Dla uproszczenia przyjąć, że regulator korzysta z **mierzonego stanu**. Zamieścić rysunek symulowanego systemu (obiekt

i regulator). Zamieścić przebiegi zmiennych stanu, wartości zadanej wyjścia, wyjścia i sterowania dla **dwóch** przykładowych wartości poczwórnego bieguna  $s_b$  układu zamkniętego („wolnego” i „szybkiego”) w zadaniu nadążania za zmianami wartości zadanej sygnału wyjściowego przy zerowych warunkach początkowych obiektu. Dla **dwóch** przyjętych biegunów przetestować również działanie układu regulacji w przypadku zwiększenia o kilkadziesiąt procent wartości wszystkich elementów macierzy  $B$  obiektu.

**Uwagi:**

- a) Obliczenia wykonać w pakiecie MATLAB, do symulacji zastosować Simulink.
- b) **Wszystkie obliczenia i symulacje należy krótko udokumentować i omówić w sprawozdaniu. Nie przepisywać ze skryptu wzorów ogólnych, ale pokazać jak zostały one zastosowane (np. podając polecenia MATLABa z odpowiednimi argumentami) oraz otrzymane wyniki.**
- c) Do dnia 6.5.2022 (włącznie) należy w module sprawozdania systemu studia umieścić spakowany plik, zawierający **sprawozdanie w pliku pdf oraz wszystkie pliki źródłowe MATLABa i Simulinka**. Nie wysyłać innych plików, np. graficznych, źródłowych sprawozdania. **Maksymalny rozmiar spakowanego archiwum wynosi 5 MB.**
- d) Maksymalna liczba punktów wynosi 20 (+5 punktów dodatkowych). Za każdy rozpoczęty dzień spóźnienia odejmowany jest 1 punkt.